



Tielaitos

Petri Keränen - Antti Tuokkola

Kuormausjärjestelyt teiden kunnossapidossa

**Tielaitoksen
selvityksiä**

28/1991

Helsinki 1991

**Helsingin ja Kuopion
tuotantotekniset
kehitysyksiköt**

Tielaitoksen selvityksiä
28/1991

Petri Keränen - Antti Tuokkola

Kuormausjärjestelyt teiden kunnossapidossa

Tielaitos
Helsingin ja Kuopion
tuotantotekniset kehitysyksiköt

Helsinki 1991

ISBN 951-47-4965
ISSN 0788-3722
TIEL 3200027
Valtion painatuskeskus
Helsinki 1991

Julkaisua myy
Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos

Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541

TIIVISTELMÄ

Tähän julkaisuun on kerätty oleelliset osat Oulun yliopiston tekemästä "Kuormaustyöjärjestelyt teiden kunnossapidossa" - julkaisusta, jonka tavoitteena on ollut etsiä keinoja kunnossapitokuormausten tehostamiseksi sekä esittää suosituksia kuormauskaluston laadusta ja määrästä. Alkuperäinen lyhentämätön julkaisu löytyy jokaisesta tiepiiristä, tutkimuksen teettäjiltä (Helsingin ja Kuopion tuotantoteknisiltä kehityksyksiköiltä) sekä tiehallituksen kirjastosta.

Esitetyt suositukset perustuvat kyselytutkimusten tuloksiin ja vaihtoehtoisten kuormaustapojen taloudellisuus- ja soveltuvuusvertailuihin.

Selvityksen mukaan tiemestaripiirissä on kuormaustöitä yhden kuormauskoneen vuosityömäärää vähemmän. Kun käytännön syistä yhdellä kuormauskoneella ei kuitenkaan pärjätä, jää kuormauskaluston käyttöaste alhaiseksi ja pääomakustannusten merkitys korostuu. Olisikin lisättävä pääomakustannuksiltaan halpojen kuormauskoneiden osuutta ja kuormauskoneiden yhteiskäyttöä ja ennen hankintaa olisi tutkittava konevuokrauksen tai materiaalitöimitusurakoiden edullisuus.

Työsuunnittelun tulisi minimoida kuormauskaluston siirrot ja ajoittaa ne siten, ettei muita työkoneita tai kuljetusväkineitä ole odottamassa. Tällöin on edullisinta siirtää kone omalla voimalla ajaen aina 50 km:n etäisyydelle. Jos muuta kalustoa on odottamassa, on edullisinta ajaa kuormauskone omalla voimalla enintään 15 km:n etäisyydelle. Näitä pidemmällä matkoilla kustannuksiltaan lähes saman suuruisia ovat siirto kevytlavetilla tai kuorma-auton lavalla. Kevytlavetti kannattaa hankkia, jos siirtoja on tarpeeksi (esimerkiksi työnaikaisia yli 15 km:n siirtoja enemmän kuin 80 kpl vuodessa) ja säästetty aika voidaan hyödyntää pienenevänä kone- tai kuljettajamääränä tai suurentuvana vuosittaisena työsaavutuksena.

ALKUSANAT

Tämä julkaisu on tiivistelmä Helsingin (Hky) ja Kuopion (Kky) tuotantoteknisten kehitysyksiköiden Oulun yliopistolla teettämästä "Kuormaustyöjärjestelyt teiden kunnossapidossa"-selvityksestä. Selvityksen teki tekn.yo. Jarmo Juanto professori Sakari Riihelän valvonnassa. Sen tarkoituksena oli taloudellisuuslaskelmiin perustuen suositella tiemestaripiireille sopivia kuormaustapoja ja -malleja kuormauskaluston valitsemiseksi. Kuormaustyöjärjestelyt teiden kunnossapidossa selvitys on jaettu myös täydellisenä tiepiireihin. Siitä on löydettävissä tässä tiivistelmässä suppeasti esitetyt tai esittämättä jääneet asiat, kuten laskentaperusteet ja tarkat erittelyt.

Tielaitoksen nimeäminä asiantuntijoina työhön ovat osallistuneet tielaitoksen piireistä kunnossapitopäällikkö Kari Nykter (Ku), ylitiemestari Jorma Leinonen (Kn) ja kuljettaja Olli Seppälä (Ky) sekä tiehallituksesta tieinsinööri Pekka Rannisto (Tr), tieinsinööri Timo Tamponen (Tk), diplomi-insinööri Tapani Angervuori (Hky), diplomi-insinööri Petri Keränen (Kky) ja insinööri Antti Tuokkola (Hky). Tämän yhteenvedon ovat laatineet Petri Keränen ja Antti Tuokkola.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ALKUSANAT

1 JOHDANTO 72 TUTKIMUSMENETTELY 83 KUORMAUSTYÖT NYT 9

- | | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Yleistä | 9 |
| 3.2 | Kuormauskoneiden vuosittaiset työmäärät | 10 |
| 3.3 | Kuormauskoneiden käyttöaste | 10 |
| 3.4 | Konesijoitus ja kuormauspaikat | 11 |

4 KULJETTAJIEN JA TIEMESTARIEN MIELIPITEET 135 LASKENNALLISET KUSTANNUKSET 14

- | | | |
|-----|---------------------------|----|
| 5.1 | Kuormaus | 14 |
| 5.2 | Konesiirrot | 17 |
| 5.3 | Vaihtoehtojen soveltuvuus | 19 |

6 JOHTOPÄÄTÖKSET 22

1 JOHDANTO

Teiden hoitoon sisältyy erilaisia kuormaustöitä, joista tärkeimmät ovat maa-ainesten ja suolan kuormaus. Nykyään kuormataan pääasiassa pyöräkuormaajilla ja -traktoreilla. Talvella kuormauskoneilla tehdään myös lumitöitä ja aurataan. Kesällä kuormauskoneita käytetään kuormausten ohella vesakonraivauksiin, niittoihin ja harjauksiin. Silti kuormauskaluston käyttöaste on alhainen.

Kuormaustöiden järjestelyyn liittyy monenlaisia ongelmia:

- kuormaustarve on hetkellistä

- kuormauspisteitä on paljon ja ne ovat kaukana toisistaan, jolloin konesiirtoihin kuluu paljon aikaa

- osa kuormauskoneista on vanhaa ja soveltuu vain rajoitetusti kunnossapitotehtäviin

- kuormaukset ajoittuvat samaan aikaan muiden kuormaajilla tehtävien sesonkitöiden kanssa

- vanhat varastot ovat usein ahtaita ja matalia sisällä tapahtuviin kuormauksiin, jolloin suolaa kuormataan ulkona ja ympäristön saastumisriski kasvaa

- kuljettajista voi ajoittain olla pulaa vaikka autonkuljettajat usein kuormaavat

2 TUTKIMUSMENETTELY

Tutkimus perustuu tiemestareille ja kuljettajille tehtyihin kyselyihin sekä tielaitoksen tiedostoihin ja tilastoihin.

Tarkastelu on rajattu hoitoon ja kunnostukseen, joiden osuus teiden kunnossapitokustannuksista on lähes 80 %.

Tiemestarikyselyssä oli mukana 40 satunnaisesti valittua tiemestaripiiriä ja vastausprosentti oli 92,5 %. Lisäksi tutkija tutustui henkilökohtaisesti Kuusamon ja Raahen tiemestaripiirien kuormaustyöjärjestelyihin. Tilastollisesti otanta on luotettava.

Kuljettajakyselyyn vastasi 43 kunnossapidon monitaitokuljettajakursseille osallistujaa. Heistä oli 18 kuormauskalustokurssilla ja 25 tiehöylän peruskurssilla.

Tärkeimmät käytetyt tilastot ja tiedostot olivat yleisten teiden kunnossapitotilasto 1989 ja tielaitoksen konepankin suoriteraportti vuodelta 1989 sekä tielaitoksen 1980-luvun työntutkimusaineisto.

Kuormauskoneiden taloudellisuus- ja soveltuvuustarkastelut on tehty ennakoarvioiden perusteella käyttökelpoisina pidetyistä pyöräkuormaajista ja -traktoreista, kuormausnostureista sekä sisävarastoon soveltuvista kuormausvälineistä.

Paine- ja ruuvikuormaimien osalta on rajoitettu kirjallisuustutkimukseen niiden vähäisten käyttökokemusten vuoksi.

Kuormauskoneiden taloudellisuusvertailut on tehty sekä tielaitoksen (TIEL) että Suomen Maarakentajien Keskusliiton (SML) laskentamettelyn mukaisesti. Molempien laskentatapojen tuloksia on soveltaen käytetty johtopäätösten perusteena.

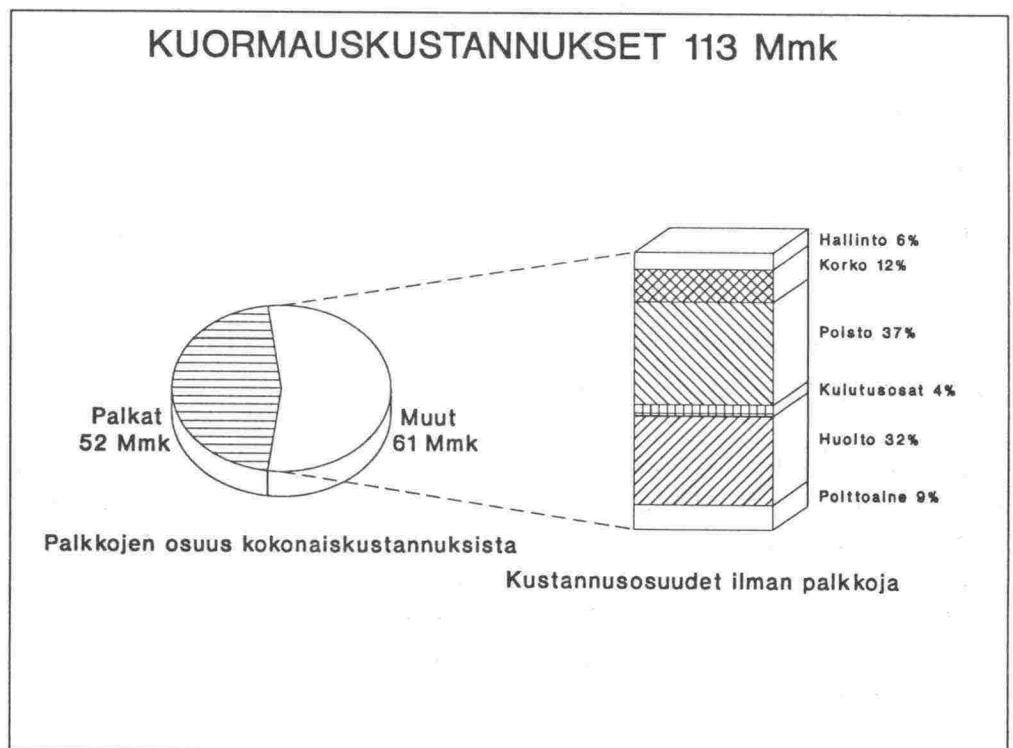
3 KUORMAUSTYÖT NYT

3.1 Yleistä

Kuormaustyöt tehdään pyöräkuormaajalla (KUP), pyörätraktorilla (TR) tai kuorma-autonosturiin kiinnitetyllä kahmarikauhalla. Vuoden 1991 alussa oli kunnossapidossa 201 omaa pyöräkuormaajaa, joista 12 % oli KUP 07 ja 88 % KUP 09 kokoluokan koneita, sekä 257 etukuormaajalla varustettua pyörätraktoria.

Kyselyn mukaan hoidon ja kunnostuksen kuormaustöistä tehtiin 98 % omalla kalustolla. Yleisimmin tiemestaripiireissä oli kaksi omaa pyörätraktoria ja pyöräkuormaaja.

Vuonna 1989 kuormauskustannukset olivat 113 miljoonaa markkaa ja ne jakautuivat kuvan 1 mukaisesti. Merkille pantavaa oli omien koneiden pääomakustannukset (korko ja poisto), joiden osuus oman kuormaustyön kokonaiskustannuksista oli 27 % ja pelkistä konekustannuksista (ilman kuljettajakustannuksia) lähes puolet eli 49%.



Kuva 1. Kuormauskustannukset tielaitoksen omalla kalustolla (kone-pankki 1989)

3.2 Kuormauskoneiden vuosittaiset työmäärät

Vuonna 1989 tielaitoksen omien pyöräkuormaajien käyttötunneista oli kuormausta 72 % ja pyörätraktorien käyttötunneista 34 %.

Taulukossa 1 on esitetty vuoden 1989 mukaiset kuormausmäärät ryhmiteltynä massiivisiin ja yksittäisten kuormien tekoon. Tässä selvityksessä massiivisilla kuormaustöillä tarkoitetaan pitkäaikaisia, jatkuvia suurten materiaalmäärien siirtoja (esimerkiksi hiekka- ja suolavarastojen täyttöjä). Yksittäisten kuormien teolla tarkoitetaan päivittäisten muutamien hiekka- ja suolakuormien tekemistä.

Taulukko 1. *Tiemestaripiirin vuotuisten kuormausmäärien likimääräinen jakauma 1989 (Kunnossapitotilasto).*

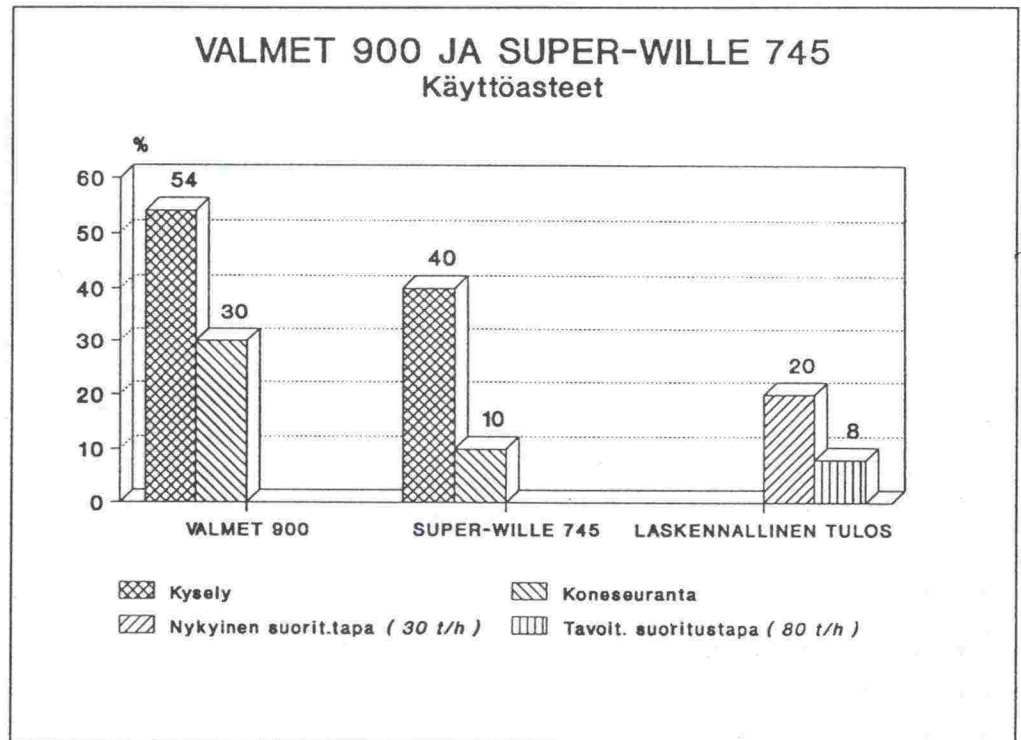
KUORMAUSTYÖ	MINIMI (t/a/tmp)	KESKIARVO (t/a/tmp)	MAKSIMI (t/a/tmp)
Yksittäisten kuormien teko	10000	15000	20000
Massiiviset kuormaustyöt	0	20000	80000-90000
YHTEENSÄ	10000	35000	100000-110000

3.3 Kuormauskoneiden käyttöaste

Tiemestarien ilmoitusten mukaan pyöräkuormaajien arvioitu käyttöaste oli 45 %, pyörätraktorien 32 % ja kuorma-autoon asennettujen kahmarien 5 %. Kuvassa 2 on esitetty tiemestarien arvioimat, kone-seurantatutkimuksen (1988-89) mukaiset ja laskennalliset kuormauskoneiden käyttöasteet. Laskennallinen tulos on määritetty tutkittujen tiemestaripiirien keskimääräisen kuormausmäärän (31800 t/a) ja kuormauskaluston (KUP + 2TR) perusteella.

Käyttöasteen laskemisessa on käytetty nykyistä keskimääräistä 30 t/h ja tavoitteellista 80 t/h työsaavutusta.

Laskettu käyttöaste ei sisällä konesiirtoja eikä muita töitä, joten se on teoreettinen minimi.



Kuva 2. Kuormauskoneiden käyttöasteet.

3.4 Konesijoitus ja kuormauspaikat

Kuormauskoneista säilytettiin 61 % päätukikohdassa (Ptk), 32 % sivutukikohdassa (Stk) ja 7 % ottopaikalla. Suurin osa pyöräkuormaajista oli päätukikohdassa ja sivutukikohdan kuormauskoneena oli yleisimmin traktori. Kiinteästi yhdessä paikassa säilytettiin vanhentuneita, muuhun käyttöön huonosti soveltuvia koneita.

Murskeet ja sora kuormattiin pääasiassa pyöräkuormaajilla ja muiden materiaalien kuormaus jakautui tasan pyöräkuormaajien ja -traktorien kesken.

Siirroista yli 90 % tehtiin itsekulkien.

Kuormauspaikkoja oli kyselyyn vastanneissa tiemestaripiireissä keskimäärin 7 kpl/tmp. Lähes kaikki kuormauspaikat olivat vain satunnaisessa käytössä.

Kuormauspaikoista kuormattiin materiaalista riippuen keskimäärin 1000-3000 tonnia vuodessa ja käyttökertoja oli 10-50 vuodessa.

Kuormauspaikkojen välimatkat on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Suola-, hiekka- ja kiviainesvarastojen keskimääräiset lyhimmät etäisyydet tukikohtiin tiemestarien ilmoitusten mukaan.

ETÄISYYS	MINIMI (km)	KESKIARVO (km)	MAKSIMI (km)
Ptk-suolavarasto	0	0	3
-hiekkavarasto	0	3	24
-kiviainesvarasto	0	6	17
Stk-suolavarasto	0	5	54
-hiekkavarasto	0	5	54
-kiviainesvarasto	0	8	30

Taulukko 3. Kyselyyn vastanneiden tiemestaripiirien ilmoittamat tukikohtien ja kuormaus paikkojen väliset etäisyydet.

ETÄISYYS	MINIMI (km)	KESKIARVO (km)	MAKSIMI (km)
Ptk-kuormauspaikka	0	20	54
Ptk:n käytössä olevien kuormauspaikkojen välinen etäisyys	2	32	89
Stk-kuormauspaikka	0	18	32
Stk:n käytössä olevien kuormauspaikkojen välinen etäisyys	0	27	149
Ptk - Stk	15	33	54
Suolavarastojen välinen etäisyys	5	15	24
Hiekkavarastojen välinen etäisyys	6	26	85
Kiviainesvarastojen välinen etäisyys	2	36	149

4 KULJETTAJIEN JA TIEMESTARIEN MIELIPITEET

Kuljettajista 64 % piti tärkeimpänä kuormaustyön ominaisuutena turvallisuutta, 21 % mukavuutta ja 15% tehokkuutta. Vanhat kuljettajat pitivät tehokkuutta tärkeämpänä kuin nuoret. Suuria vaihteluita ominaisuuksien tärkeysjärjestyksessä ei ollut jatkuvan ja tilapäisen kuormauksen kesken.

Kuljettajista 14 % arvioi kuormausnopeuden tärkeäksi jatkuvassa työssä ja 37 % oli sitä mieltä, että kuormausnopeudella ei ole suurta merkitystä tehtäessä muutama kuorma työvuorossa. Keskimäärin kuljettajien mielestä noin 8 m³itd kuormausaika saisi olla enintään jatkuvassa kuormaustyössä 4 minuuttia ja satunnaisessa kuormaustyössä 6 minuuttia.

Tiemestareiden mukaan sopimattomat koneet oli selvästi kuormaustyön suurin ongelma. Myös kuljettaja- ja konepula olivat haittaavia tekijöitä.

Tiemestarien mielestä kuormauskoneen tulisi vähintään täyttää seuraavat vaatimukset:

- siirtonopeus 40 km/h,
- kuormauskorkeus 3,4 m,
- kuormausetäisyys 2,2 m,
- kauhakoko 2 m³,
- koneen kokoluokka 10 tn ja
- työsaavutus 120 m³itd/h.

Kaikki luetellut vaatimukset täyttävät vain suurimmat sarjatuotannossa olevat pyöräkuormaajat (omapaino noin 90 t).

Kuormauspaikan tärkeimpänä ominaisuutena tiemestarit pitivät lyhyttä etäisyyttä päätukikohtaan. Lisäksi hyvät kulkuyhteydet, kuormaus ja varastointi sisätiloissa sekä esteetön toimintamahdollisuus ovat tärkeitä.

Sekä kuljettajien että tiemestarien mielestä kuormauskoneiden toimintavarmuus ja käytön helppous olivat tärkeitä ominaisuuksia, kun taas ympäristöystävällisyyttä ei pidetty tärkeänä.

Kuljettajien ja tiemestarien mielipiteissä oli myös eroja. Tiemestarien mielestä kuormauskoneiden tulee olla taloudellisia, toimintavarmoja ja tehokkaita. Kun taas kuljettajien mielestä kuormauskoneiden tulee olla helppokäyttöisiä, tehokkaita ja viihtyisiä.

5 LASKENNALLISET KUSTANNUKSET

5.1 Kuormausta

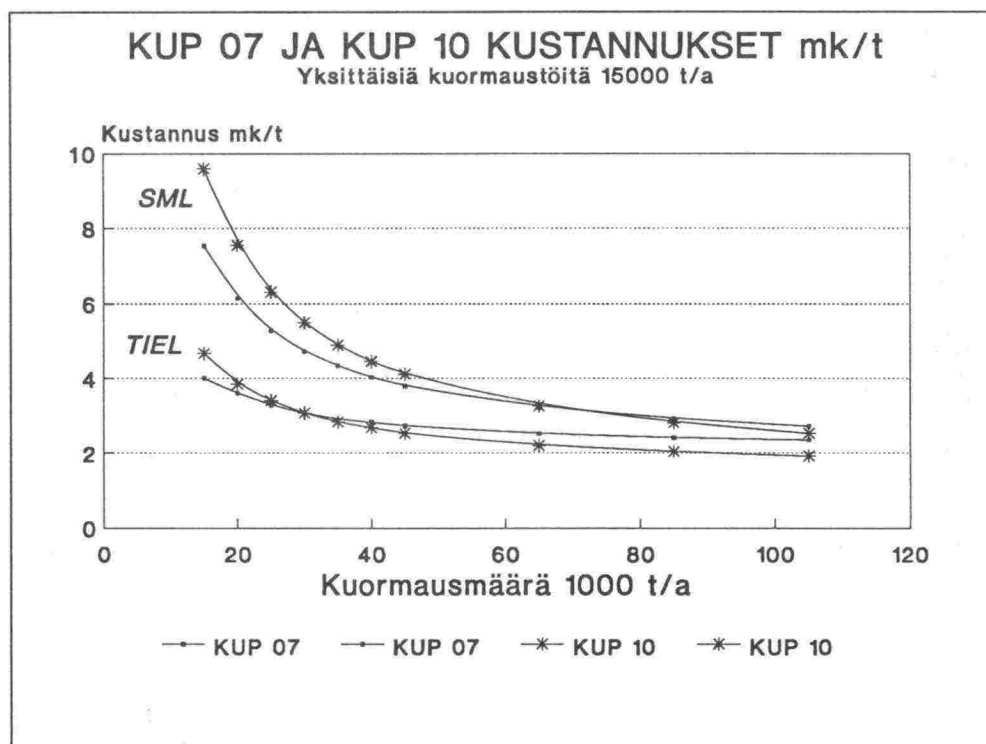
Taulukossa 4 on esitetty tarkasteltujen kuormaustavotteiden vuosittaiset pääoma-, muuttuvat- ja kokonaiskustannukset sekä 3-akselisen kuorma-auton kuormaustavotteiden kuormaustavotteiden ollessa 2000 ja 5000 t/a. Kustannuksissa on otettu huomioon myös odottavan kuorma-auton tuntikustannus sekä kuorma-auton kantavuuden pienenemisestä aiheutuva kustannusvaikutus.

Taulukon 4 arvot on määritetty ottamalla huomioon vain kuormaustavotteiden. Jos koneella tehdään muita kuin kuormaustavotteita, niin pääomakustannukset tulee jakaa käyttötuntien suhteessa myös muille tavotteille.

Taulukko 4. Kuormaustavotteiden vuosittaiset kustannukset yksittäisissä kuormaustavotteissa ja kuormaustavotteiden kokonaiskustannukset kuormaustavotteiden ollessa 2000 ja 5000 t/a.

VAIHTOEHTO	PITO- AIKA	KUORMAUS- AIKA	PÄÄOMA- KUSTANNUS	MUUTTUVAT KUSTANNUKSET	KOKONAISKUSTANNUKSET	
	(a)	(min)	(mk/a)	(mk/1000 t)	2000 t (mk/a)	5000 t (mk/a)
KUP 05/halpa	9	6	46800	1700	50200	55300
KUP 07/halpa	9	5	39000	1400	41800	46000
KUP 09/halpa	9	4	54500	1200	56900	60500
KUP 10/halpa	9	3	54500	1100	56700	60000
KUP 13/halpa	9	2	78000	900	79800	82500
TRN-70/A	9	7	62300	2000	66300	72300
TRN-70/B	9	7	46800	2000	50800	56800
TRN-70/C	9	7	34300	2000	38300	44300
Erk.TR	9	8	37400	2500	42400	49900
Mek.TR	9	9	26200	3300	32800	42700
Keskinosturilla varustettu raskas kuorma-auto	9	15	12800		72000	91000
Keskinosturilla varustettu kevytkuorma-auto	9	15	10400		23000	44000
Takanosturilla varustettu raskas kuorma-auto	9	15	12800		35000	58000
Varastossa oleva siirrettävä sähkökäyttöinen nosturi	9	10	17100		36000	54000
Kilintää siirranosturi + kahvipöytä	15	10	28000		50000	60000
Lattian asennettu hihna- kuljetin + nostava hihnakuul.	15	15	34000		52000	61000
Siirrettävä kuormaava hihnakuuljetin	9	10	25000		38000	50000

Kuvassa 3 on esitetty pyöräkuormaajien yksikkökustannukset vuosityö­määrän funktiona.



Kuva 3. Pyöräkuormaajien yksikkökustannukset.

Taulukossa 5 on esitetty kahden pyöräkuormaajan ja traktorin vuosikustannukset kuormausmäärän funktiona (mk/a).

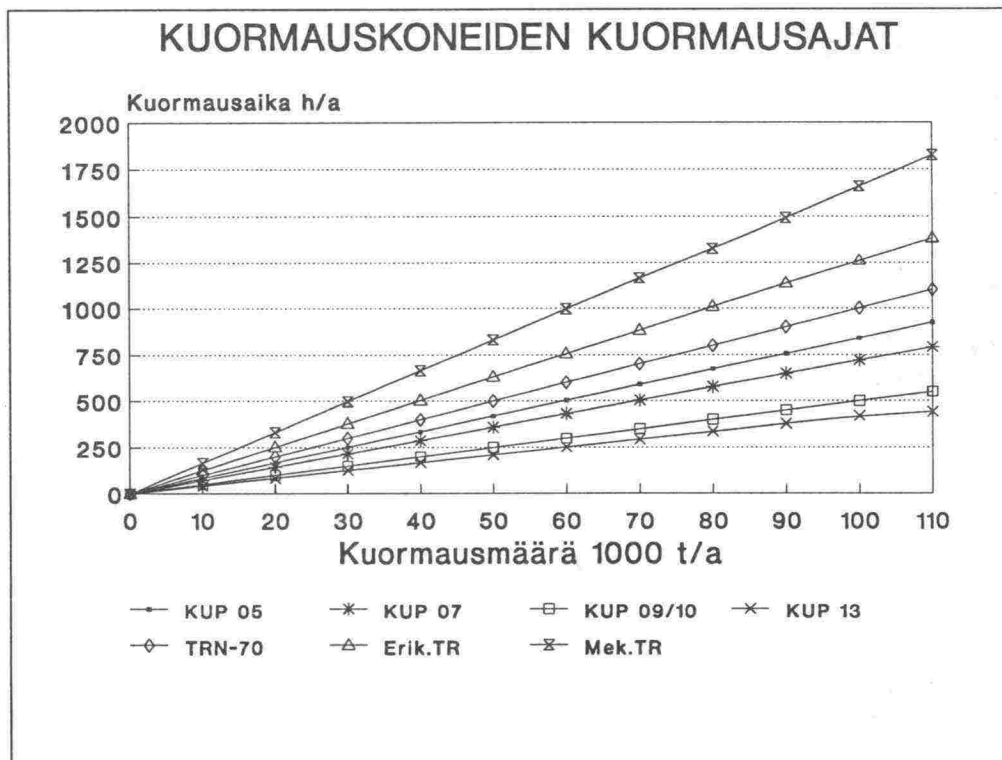
Taulukko 5. Pyöräkuormaajien ja traktorien vuosi- kustannukset kuor-
mausmäärittäin tielaitoksen ja SML:n laskentatavan mukaan.

A = KUORMAUSMÄÄRÄ YHTEENSÄ
B = YKSITTÄISET KUORMAUSTYÖT
C = MASSIIVISET KUORMAUSTYÖT

A	B	C
5000	5000	0
10000	5000	5000
15000	5000	10000
20000	5000	15000
25000	5000	20000
30000	5000	25000
35000	5000	30000
40000	5000	35000
45000	5000	40000
50000	5000	45000
55000	5000	50000
60000	5000	55000
65000	5000	60000
70000	5000	65000
75000	5000	70000
80000	5000	75000
85000	5000	80000
90000	5000	85000
95000	5000	90000
100000	5000	95000
105000	5000	100000
110000	5000	105000
115000	5000	110000
120000	5000	115000
125000	5000	120000
130000	5000	125000
135000	5000	130000
140000	5000	135000
145000	5000	140000
150000	5000	145000
155000	5000	150000
160000	5000	155000
165000	5000	160000
170000	5000	165000
175000	5000	170000
180000	5000	175000
185000	5000	180000
190000	5000	185000
195000	5000	190000
200000	5000	195000
205000	5000	200000
210000	5000	205000
215000	5000	210000
220000	5000	215000
225000	5000	220000
230000	5000	225000
235000	5000	230000
240000	5000	235000
245000	5000	240000
250000	5000	245000
255000	5000	250000
260000	5000	255000
265000	5000	260000
270000	5000	265000
275000	5000	270000
280000	5000	275000
285000	5000	280000
290000	5000	285000
295000	5000	290000
300000	5000	295000
305000	5000	300000
310000	5000	305000
315000	5000	310000
320000	5000	315000
325000	5000	320000
330000	5000	325000
335000	5000	330000
340000	5000	335000
345000	5000	340000
350000	5000	345000
355000	5000	350000
360000	5000	355000
365000	5000	360000
370000	5000	365000
375000	5000	370000
380000	5000	375000
385000	5000	380000
390000	5000	385000
395000	5000	390000
400000	5000	395000
405000	5000	400000
410000	5000	405000
415000	5000	410000
420000	5000	415000
425000	5000	420000
430000	5000	425000
435000	5000	430000
440000	5000	435000
445000	5000	440000
450000	5000	445000
455000	5000	450000
460000	5000	455000
465000	5000	460000
470000	5000	465000
475000	5000	470000
480000	5000	475000
485000	5000	480000
490000	5000	485000
495000	5000	490000
500000	5000	495000
505000	5000	500000
510000	5000	505000
515000	5000	510000
520000	5000	515000
525000	5000	520000
530000	5000	525000
535000	5000	530000
540000	5000	535000
545000	5000	540000
550000	5000	545000
555000	5000	550000
560000	5000	555000
565000	5000	560000
570000	5000	565000
575000	5000	570000
580000	5000	575000
585000	5000	580000
590000	5000	585000
595000	5000	590000
600000	5000	595000
605000	5000	600000
610000	5000	605000
615000	5000	610000
620000	5000	615000
625000	5000	620000
630000	5000	625000
635000	5000	630000
640000	5000	635000
645000	5000	640000
650000	5000	645000
655000	5000	650000
660000	5000	655000
665000	5000	660000
670000	5000	665000
675000	5000	670000
680000	5000	675000
685000	5000	680000
690000	5000	685000
695000	5000	690000
700000	5000	695000
705000	5000	700000
710000	5000	705000
715000	5000	710000
720000	5000	715000
725000	5000	720000
730000	5000	725000
735000	5000	730000
740000	5000	735000
745000	5000	740000
750000	5000	745000
755000	5000	750000
760000	5000	755000
765000	5000	760000
770000	5000	765000
775000	5000	770000
780000	5000	775000
785000	5000	780000
790000	5000	785000
795000	5000	790000
800000	5000	795000
805000	5000	800000
810000	5000	805000
815000	5000	810000
820000	5000	815000
825000	5000	820000
830000	5000	825000
835000	5000	830000
840000	5000	835000
845000	5000	840000
850000	5000	845000
855000	5000	850000
860000	5000	855000
865000	5000	860000
870000	5000	865000
875000	5000	870000
880000	5000	875000
885000	5000	880000
890000	5000	885000
895000	5000	890000
900000	5000	895000
905000	5000	900000
910000	5000	905000
915000	5000	910000
920000	5000	915000
925000	5000	920000
930000	5000	925000
935000	5000	930000
940000	5000	935000
945000	5000	940000
950000	5000	945000
955000	5000	950000
960000	5000	955000
965000	5000	960000
970000	5000	965000
975000	5000	970000
980000	5000	975000
985000	5000	980000
990000	5000	985000
995000	5000	990000
1000000	5000	995000

1.EDULLISIN				2.EDULLISIN			
TIEL		SML		TIEL		SML	
KONE	mk/a	KONE	mk/a	KONE	mk/a	KONE	mk/a
Mek.TR	42500	Erik.TR	87000	TRN-70	44000	TRN-70	84000
KUP 07	57000	TRN-70	107000	Mek.TR	63500	KUP 07	108000
KUP 07	67000	KUP 07	118000	KUP 10	74000	TRN-70	121000
KUP 07	77000	KUP 07	129000	KUP 10	81000	TRN-70	134000
KUP 07	87000	KUP 07	138000	KUP 10	88000	TRN-70	147000
KUP 10	98000	KUP 07	148000	KUP 07	98000	TRN-70	160000
KUP 10	103000	KUP 07	157000	KUP 07	108000	TRN-70	173000
KUP 10	132000	KUP 07	186000	KUP 08	142000	KUP 10	202000
KUP 10	162000	KUP 10	228000	KUP 13	169500	KUP 07	234000
KUP 10	181000	KUP 10	257000	KUP 13	194500	KUP 07	273000
KUP 07	53000	Erik.TR	103000	TRN-70	54000	TRN-70	103000
KUP 07	64000	KUP 07	116000	KUP 10	72000	TRN-70	117000
KUP 07	74000	KUP 07	128000	KUP 10	80000	TRN-70	130000
KUP 07	84000	KUP 07	136000	KUP 10	87000	TRN-70	143000
KUP 10	94000	KUP 07	145000	KUP 07	94000	TRN-70	156000
KUP 10	102000	KUP 07	154000	KUP 07	106000	TRN-70	169000
KUP 10	108000	KUP 07	164000	KUP 07	115000	KUP 10	180000
KUP 10	138000	KUP 07	202000	KUP 13	149500	KUP 10	207000
KUP 10	168000	KUP 10	234000	KUP 13	174500	KUP 07	241000
KUP 10	187000	KUP 10	261000	KUP 13	198500	KUP 08	276000
KUP 07	60000	KUP 07	113000	TRN-70	64000	TRN-70	113000
KUP 07	72000	KUP 07	123000	KUP 10	77000	TRN-70	126000
KUP 07	82000	KUP 07	132000	KUP 10	85000	TRN-70	139000
KUP 10	92000	KUP 07	142000	KUP 07	92000	TRN-70	152000
KUP 10	98000	KUP 07	152000	KUP 07	102000	TRN-70	165000
KUP 10	107000	KUP 07	161000	KUP 08	113000	KUP 10	178000
KUP 10	114000	KUP 07	171000	KUP 08	122000	KUP 10	186000
KUP 10	143000	KUP 07	209000	KUP 13	154500	KUP 10	212000
KUP 10	173000	KUP 10	239000	KUP 13	179500	KUP 07	248000
KUP 10	202000	KUP 10	268000	KUP 13	204500	KUP 08	281000
KUP 07	68000	KUP 07	120000	TRN-70	74000	TRN-70	122000
KUP 07	79000	KUP 07	130000	KUP 10	82000	TRN-70	136000
KUP 07	89000	KUP 07	139000	KUP 10	90000	TRN-70	148000
KUP 10	97000	KUP 07	148000	KUP 07	98000	TRN-70	161000
KUP 10	104000	KUP 07	158000	KUP 07	108000	TRN-70	174000
KUP 10	112000	KUP 07	168000	KUP 08	119000	KUP 10	183000
KUP 10	119000	KUP 07	178000	KUP 08	128000	KUP 10	190000
KUP 10	148000	KUP 07	216000	KUP 13	158000	KUP 10	217000
KUP 10	178000	KUP 10	244000	KUP 13	183500	KUP 07	254000
KUP 10	207000	KUP 10	271000	KUP 13	208500	KUP 08	286000

Kuvassa 4 on esitetty kuormauskoneiden vuosittaiset käyttöajat vuosityömäärän funktiona.



Kuva 4. Kuormauskoneiden kuormausmääriin perustuvat vuosittaiset käyttöajat.

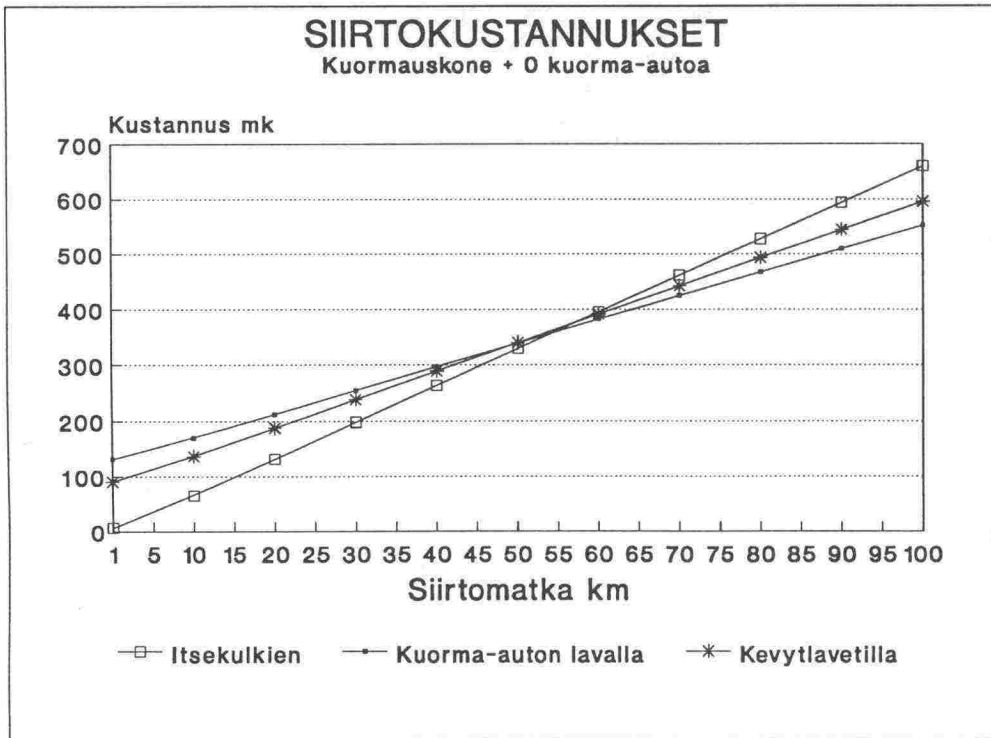
Kuorma-autoon asennettavan vaihtolavalaitteiston sekä perävaunun yhdistelmien vuosittaiset pääomakustannukset ovat jo niin suuria, että niiden käyttö kuormausta helpottavina välivarastoina ei ole taloudellista.

Kalliosiilon vuosittaiset pääomakustannukset ovat suuremmat kuin muiden kuormausvaihtoehtojen vuosikustannukset, joten siilojen käyttökään ei ole pelkästään taloudellisin perustein kilpailukykyinen vaihtoehto.

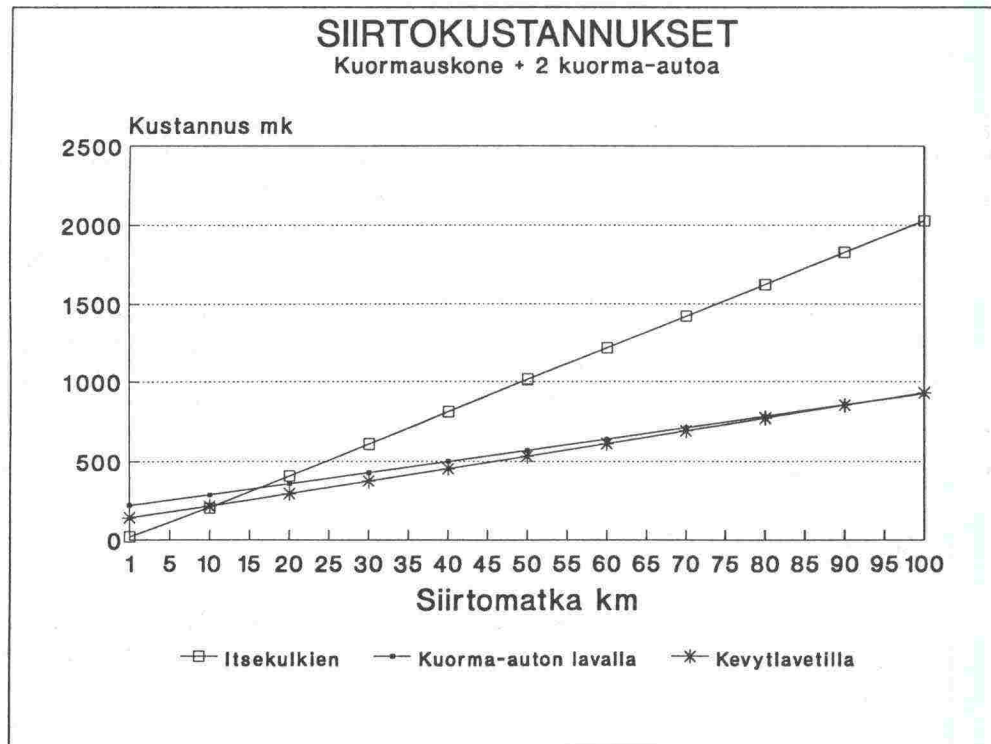
5.2 Konesiirrot

Siirtokustannuksiin vaikuttavat kuormauskoneen kuormausaika lavetille tai kuorma-autoon, siirtonopeus, -matka sekä odottavien työyksiköiden määrä.

Kuvassa 5 ja 6 on esitetty siirtokustannus tyypillisillä siirtonopeuksilla.



Kuva 5. Siirtokustannusten muodostuminen, kun muita työkonetta ei ole odottamassa.



Kuva 6. Siirtokustannusten muodostuminen siirtomatkan perusteella, kun odottamassa on kaksi autoa.

Kuvien 5 ja 6 siirtokustannukset ovat 75 000 mk maksavan kevytlavetin (käyttö 300 h/a, noin 10 000 km/a) ja 3-akselisen kuorma-auton lavalla siirron kustannuksia.

Jos kuormauspaikalla ei ole kuorma-autoja odottamassa, kannattaa kuormauskone siirtää ajaen enintään noin 50 km:n etäisyydelle mutta tätä pidemmälle yleensä kuorma-auton lavalla.

Jos kuorma-autoja on odottamassa, kannattaa kuormauskone siirtää ajaen noin 15 km:n etäisyydelle ja tätä pidemmälle yleensä kevyellä lavetilla. Jos odottavia autoja on, ei niiden määrä vaikuta vaihtoehtojen edullisuusrajoihin.

Niissä tapauksissa, joissa koneiden siirto kuorma-auton lavalla on vähän kalliimpaa kuin siirto kevytlavetilla, kannattaa suosia lavalla siirtoa, koska se ei vaadi uusia investointeja. Kuorma-auton lavalla siirtojen lisäämiseksi tulisi kuormauskoneen kyytiinajoa helpottaa. Tosin on otettava huomioon, ettei kaikkia suuria koneita voida kokonsa takia siirtää kuorma-auton lavalla. Myös hydraulinen perälauta aiheuttaa kuljetusongelmia.

Kun siirtomatkat ovat pitkiä ja lavetille tulevan hukka-ajon osuus on vähäinen, lavetti on edullisin siirtotapa lavetin kuljetusmatkan ollessa yli 10000 km/a.

Kustannussäästöjen lisäksi on muita lavetin käyttöä ja auton lavalla siirtoa puoltavia tekijöitä:

- konesiirtoajan lyheneminen jatkaa tehollista työaikaa työkohteessa ja päästään suurempiin työvuorokapasiteetteihin,
- saman työvuoron aikana voidaan siirtyä nopeasti paikasta toiseen,
- työkoneet kuluvat vähemmän.

5.3 Vaihtoehtojen soveltuvuus

Taloudellisimmankin kuormauskoneen tulee sopeutua seuraaviin tekijöihin:

- sillä on voitava kuormata pakattua ja irrallista tavaraa. Näitä voidaan kuormata kaikilla kuormajilla, jos hyväksytään säkkien "aukominen".
- nykyisten toimenpideaikojen toteuttaminen sallii enintään 15 minuutin kuormausajan, johon tässä esitetyt koneet pystyvät. Jos tarvitaan useita peräk-

käisiä kuormia, toteutuu toimenpideaika vain jos kuormat tehdään etukäteen.

- sirotteluautomaatin kuormauskorkeus on 3,5 m, johon useimmat esitetyt vaihtoehdot eivät yllä. Lastaussillan teko poistaa kuitenkin tämän ongelman.
- koneen monipuolisuus vaikuttaa käyttöasteeseen. Vain pyöräkuormaajilla ja -traktoreilla voidaan tehdä monipuolisesti kunnossapitotöitä.
- kuormaustavat tarvitsevat tilaa 15-60 m². Jos varastossa ei tätä tilaa ole, se on järjestettävä päällystämällä ja viemäröimällä piha-alue.

Kuorma-autonosturiin kiinnitetty kahmarikauha soveltuu kuormaukseen erityisesti silloin, kun

- muita kuormaajia ei ole käytettävissä
- kuormauspaikka on kaukana
- kuormausmäärä on niin pieni, ettei suurta kuormainta kannata siirtää kyseiseen tehtävään.

Keskinosturi pienentää auton kantavuutta mutta takanosturi ei. Nosturin käyttö kuormaukseen tulee kyseeseen vain silloin, kun se nostotöitä varten on jo tiemestaripiirissä.

Jalustalle sijoitettu sähköllä toimiva kuorma-auton nosturi kahmarikauhoineen on saasteeton ja vähän tilaa vievä vaihtoehto.

Sisävarastoon kiinteästi asennettava siltanosturi kahmarikauhoineen soveltuu vain korkeisiin varastoihin. Siltanosturi on myös saasteeton.

Sisävarastoon asennettavalla kiinteällä hihnakuuljettimella ei voida täyttää varastoa. Otettaessa materiaalia varastosta hihnakuuljettimella saattaa materiaali holvaantua ja kuormaus vaikeutuu.

Siirrettävä hihnakuuljetin soveltuu hyvin yksittäisten kuormien tekoon ja se voidaan tarvittaessa siirtää paikasta toiseen.

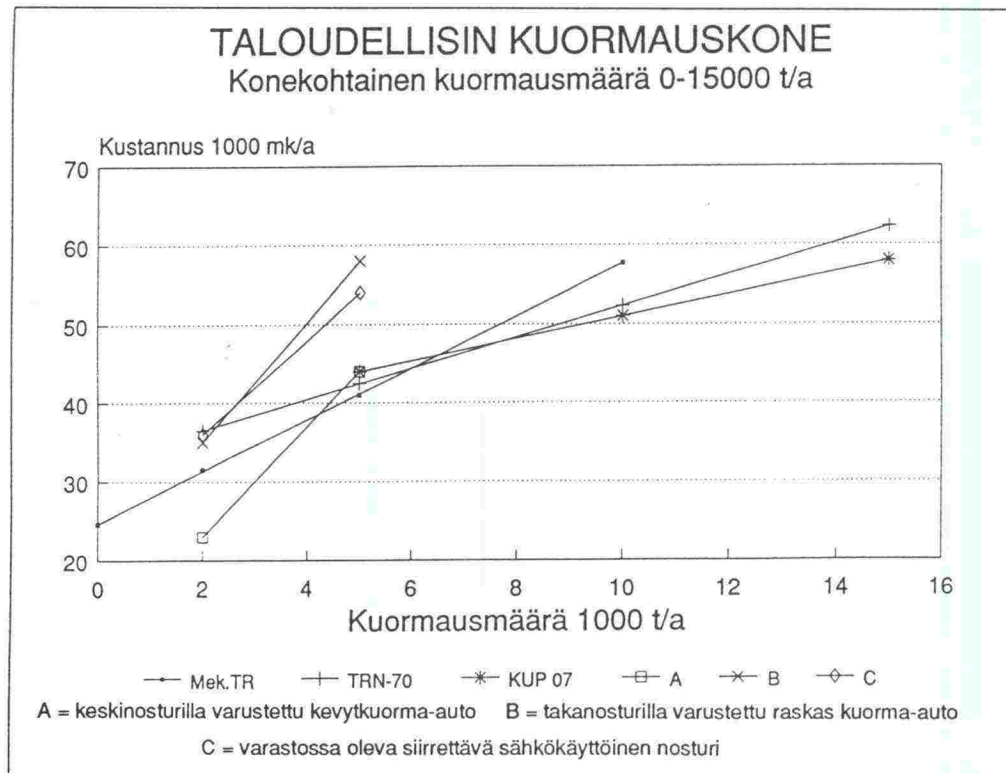
Valmiskuormien käyttökelpoisuuteen vaikuttavat niiden saatavuus, hinta ja kuormauspaikan sijainti. Useimmiten valmiskuormia saa vain "virka-aikana", mutta avain- tai luottokorttijärjestelmällä saatavuus voidaan järjestää ympäri vuorokauden. Valmiskuormien käyttö vähentää oman varastoinnin tarvetta.

Ruuvi- ja painekuormaajista ei ole kokemusta maa- ja kiviainesten kuormauksessa.

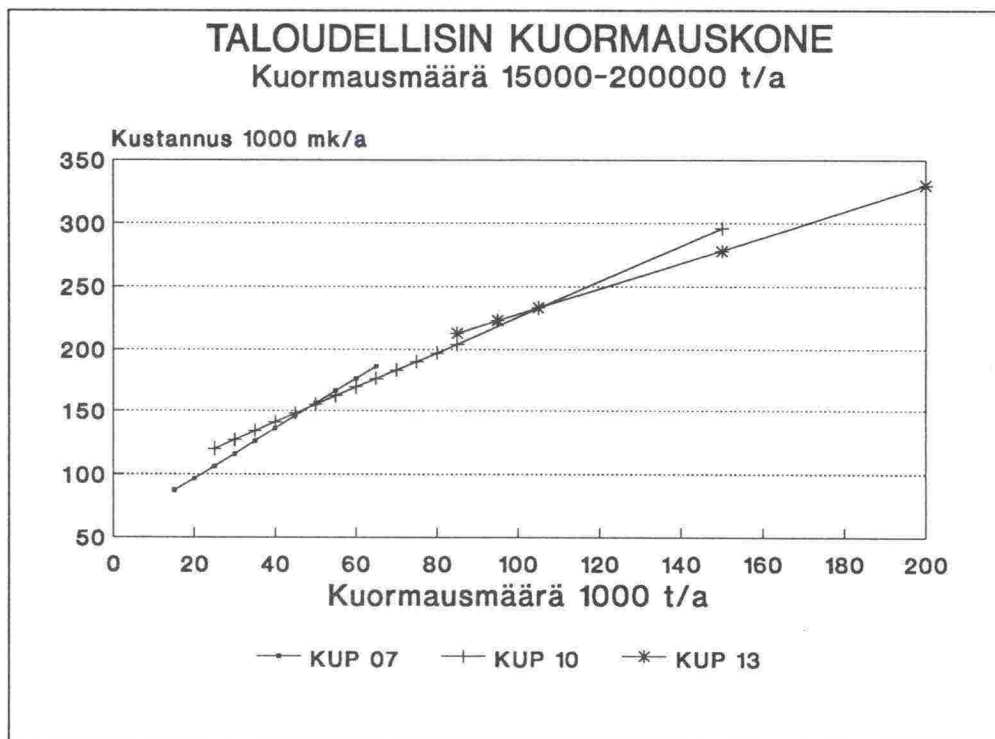
6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuormaustöitä pitkällä tähtäyksellä järjestettäessä tulisi varmistaa halvimman käyttökelpoisen vaihtoehdon valinta. Tällöin oman koneen hankinnan vaihtoehtona tulisi aina selvittää yksityisten palvelujen (valmiskuormat ja konevuokraus) saatavuus ja käyttökustannukset. Samalla on muistettava, että myös osittainenkin yksityisten palvelujen käyttö saattaa olla taloudellista.

Ennen uuden oman koneen hankintaa on tärkeää ennakoida kunnossapidon luonteeseen koneen käyttöiän aikana tulevat muutokset, suunnitella henkilöstön ja koneiden käyttö kokonaisuutena sekä selvittää hankittavan koneen kustannusvaikutukset. Selvityksen mukaan tiemestaripiirissä on kuormaustöitä yleensä yhden kuormauskoneen vuosityömäärää vähemmän. Siksi koneiden täystyöllisyys tulisi varmistaa esimerkiksi lisäämällä koneiden yhteiskäyttöä tiemestaripiirien sekä niiden rakennustyömaiden välillä. Kuormauskonekohtaiset työmäärät tulee suunnitella siten, että ne lähestyvät yksittäisten koneiden suurinta vuosikapasiteettia. Pyöräkuormaajaa tai -traktoria ei tulisi hankkia, ellei käyttömäärä ylitä joko 1000 h/a tai konekoosta riippuen 50 000 - 100 000 t/a. Jos pienempää käyttömäärää varten on käytännön syistä hankittava kone, on sen oltava pääomakustannuksiltaan mahdollisimman pieni. Taloudellinen kuormauskone valitaan karkeasti kuvien 7 ja 8 perusteella.



Kuva 7. Taloudellisin kuormauskone, kun kuormausmäärä on alle 15 000 tonnia vuodessa.



Kuva 8. Taloudellisin kuormauskone, kun kuormausmäärä on 15 000 - 200 000 tonnia vuodessa.

Kuormauskonevalikoiman monipuolistamiseksi tulisi hankkia koekäytökokemuksia hihnakuormaimesta, siltanosturista, ruuvi- ja painekuormaajista.

Työsuunnittelun tulisi minimoida kuormauskaluston siirrot ja ajoittaa ne siten, ettei muita työkoneita tai kuljetusvälineitä ole odottamassa. Tällöin on edullisinta siirtää kone omalla voimalla ajaen aina 50 km:n etäisyydelle. Näitä pidemmällä matkoilla kustannuksiltaan lähes saman suuruisia ovat siirto kevytlavetilla tai kuorma-auton lavalla. Kevytlavetti kannattaa hankkia, jos siirtoja on tarpeeksi (esimerkiksi työnaikaisia yli 15 km:n siirtoja enemmän kuin 80 kpl vuodessa) ja säästetty aika voidaan hyödyntää pienenevänä kone- tai kuljettajamääränä tai suurentuvana vuosittaisen työsaavutuksena.

Tiemestarien ja kuljettajien asenteita tulisi muuttaa taloudellisempia kuormaustapoja suosivaksi.

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 2/1991 Autokanta ja liikenne OECD-maissa. TIEL 3200002
- 3/1991 Tiesalaojen toimivuus ja kunnossapito. TIEL 3200003
- 4/1991 Suolauksen vaikutukset tienvarsikasvillisuuteen. TIEL 3200004
- 5/1991 Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin. TIEL 3200005
- 6/1991 Yleiskaavoituksen ja tien yleissuunnittelun kytkentä. TIEL 3200006
- 7/1991 Teiden esisuunnitelu Pohjoismaissa. TIEL 3200007
- 8/1991 Palvelutasomittareiden seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200008
- 9/1991 Luonnonolojen seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200009
- 10/1991 Tielaitoksen laatujärjestelmän kehittäminen; suunnittelun laatujärjestelmä, esiselvitys. TIEL 3200010
- 11/1991 Ympäristövaikutusarviot pääsuuntaselvityksissä. TIEL 3200016
- 12/1991 Selvitys nopeuden alentamiskeinoista taajamateillä. TIEL 3203613
- 13/1991 Selvitys nopeusrajoitusten määrittämisestä ja vaikutuksista. TIEL 3200011
- 14/1991 Jalankulkijan ja pyöräilijän vammautumisesta liikennealueilla. TIEL 3200012
- 15/1991 Liikenneinvestoinneista päättäminen; Arvio suunnittelunäkemyksestä. TIEL 3200013
- 16/1991 Paristotyyppin ja ympäristön lämpötilan vaikutus varoitusvilkun toimintaan. TIEL 3200014
- 17/1991 The Effect of Battery Type and Ambient Temperature on the Operation of Warning Flashers. TIEL 3200015E
- 18/1991 Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. TIEL 3200017
- 19/1991 Liikennetunnelien kuivatus- ja lämpöeristysrakenteet. TIEL 3200018
- 20/1991 Kunnossapidon tuloksen mittaus. TIEL 3200019
- 21/1991 Tiesuolauksen vaikutus pohjaveteen Salpausselän alueella. TIEL 3200020
- 22/1991 Tiekohtaiset nopeusrajoitukset ja onnettomuudet 1984 - 1988. TIEL 3200021
- 23/1991 Kiertoliittymät ja niiden välityskyky. TIEL 3200022
- 24/1991 Teiden kantavuusvaihtelut 1987-89. TIEL 3200023
- 25/1991 Tierakenteen kantavuusvaihtelu ja laskennalliset kantavuudet. TIEL 3200024
- 26/1991 Joukkoliikenne; Kirjallisuusselvitys ja -referaatit. TIEL 3200025
- 27/1991 Kauhavan taajamatien saneerauksen vaikutukset. TIEL 3200026

ISBN 951-47-4965-0
ISSN 0788-3722
TIEL 3200027